





LOW PRESSURE LOW POWER CHLORINE/HYDROGEN CHLORIDE PROCESS FOR SUBMICRON METAL ETCHING

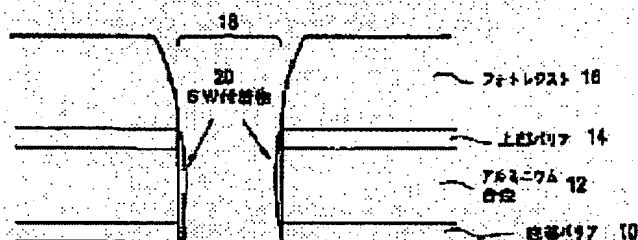
Patent number: JP10107013
Publication date: 1998-04-24
Inventor: NAEEM MUNIR D; BURNS STUART M;
 CHRISTIE ROSEMARY; GREWAL
 VIRINDER; WALTER W KOKON; NARITA
 MASAKI; BRUNO SPULER; SHII HOA YAN
Applicant: IBM;; TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO;;
 SIEMENS AG
Classification:
 - international: H01L21/3065; C23F4/00
 - european: C23F4/00; H01L21/3213C4B
Application number: JP19970204916 19970730
Priority number(s): US19960689174 19960806

Also published as:

 EP0824269 (A2) ←
 US5976986 (A1)
 EP0824269 (A3)
 EP0824269 (A3)

Abstract of JP10107013

PROBLEM TO BE SOLVED: To make more vertical sidewall shape while reducing the corrosion by a method wherein aluminum and aluminum alloy are anisotropically etched away by RIE using specific low power and pressure.
SOLUTION: In the title process, aluminum and aluminum alloy are anisotropically etched away by RIE using low power (not exceeding 350W) and low pressure (not exceeding 15mT). Within an upper layer 14 and a bottom layer 10, the physical etching process called sputtering is performed while in a bulk aluminum layer 12, the chemical process is performed. As for the reaction gas of RIE, chlorine, HCl and inert gas (e.g. nitrogen, argon, helium, etc.) are enumerated. Through these procedures, the corrosion of sidewall and the other problems posed by high power RIE can be solved. Besides, a photoresist 16 can be removed more easily while it is released.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

M-1321

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-107013

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/3065

H 0 1 L 21/302

G

C 2 3 F 4/00

C 2 3 F 4/00

E

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-204916

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月30日

(31) 優先権主張番号 08/689174

(32) 優先日 1996年8月6日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州アーモンク (番地なし)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

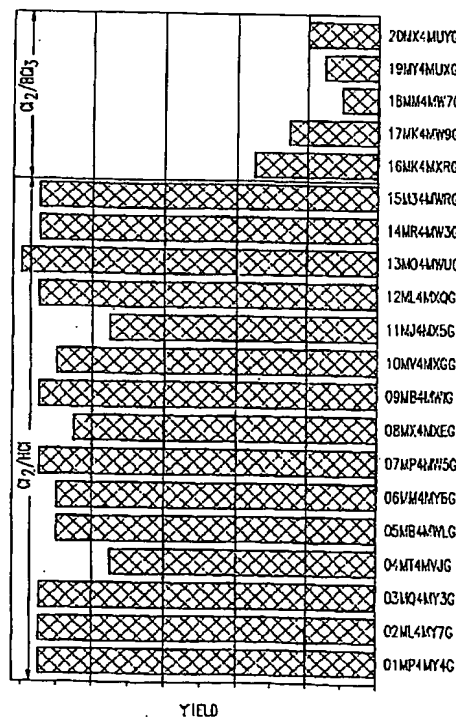
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サブミクロン金属エッチング用の低圧力低電力塩素/塩化水素プロセス

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 アルミニウム合金エッチングにおいて垂直な側壁形状を形成し、かつ腐食を減らす、 Cl_2 ガスおよびHClガスを使用した低電力低圧力のRIE方法。

【解決手段】 エッチングすべきメタライゼーションをその上に有する基板の上下に配置された電極に電力を加えて変圧器結合プラズマを生成することによって、反応種として Cl_2 およびHClを使用して低電力および低圧力でメタライゼーションのRIEを達成する。例えばTi/TiNから作成したバリア層の間に挟まれたバルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金を含む層メタライゼーションを3段階プロセスでエッチングする。ただし、バリア層のエッチング中には相対的に少量の Cl_2 をプラズマ中で使用し、バルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金のエッチング中には相対的に多量の Cl_2 を使用する。RIE中に生成される反応副成物の非常に薄い側壁層(10~100Å)が、エッチング中にメタライゼーション中に形成されるトレンチの側壁に付着するように、エッチング剤 Cl_2 とHClと N_2 など不活性ガスの比率を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】アルミニウム・メタライゼーションをエッチング・チャンバ内で布設するステップと、前記アルミニウム・メタライゼーションの上下に配置され、別々に電力供給される電極を使用して、前記エッチング・チャンバ内で Cl_2 、 HCl 、および不活性ガスからプラズマを生成するステップと、前記アルミニウム・メタライゼーションを前記プラズマ中で形成されたイオンおよびラジカルでエッチングするステップとを含み、前記各電極に供給される電力が 350 ワット未満であり、かつ前記エッチング・チャンバ内の圧力が 15 ミリトル未満である、アルミニウム・メタライゼーションをパターン化する方法。

【請求項 2】前記アルミニウム・メタライゼーションの上面にパターン化材料を塗布するステップと、前記アルミニウム・メタライゼーションの領域が露出するように前記パターン化材料をパターン化するステップとをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】前記パターン化材料がフォトレジストであり、かつ前記パターン化ステップがリソグラフィを使用して実施されることを特徴とする、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】前記アルミニウム・メタライゼーションをアルミニウムおよびアルミニウム合金からなるグループから選択するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】前記選択ステップが、少なくとも 1 つの表面をバリア層で被覆したアルミニウム・メタライゼーションを使用するステップをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】前記バリア層を金属、金属窒化物、および金属シリコン窒化物からなるグループから選択するステップをさらに含む、金属を Ta 、 Ti 、 Re 、 W 、 Mo 、 Cr 、 Nb 、 Hf 、 V 、および Zr からなるグループから選択することを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】前記生成ステップ中および前記エッチング・ステップ中に前記プラズマ中の前記 Cl_2 の濃度を、前記アルミニウム・メタライゼーションのエッチング中の相対的に高い第 1 の濃度と、前記バリア層のエッチング中の相対的に低い第 2 の濃度との間で調節するステップをさらに含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】前記選択ステップが、その上面および底面をバリア層で被覆したアルミニウム・メタライゼーションを使用するステップをさらに含む、前記生成ステップ中および前記エッチング・ステップ中に前記プラズマ中の前記 Cl_2 の濃度を、前記上面上の前記バリア層のエッチング中の相対的に低い第 1 の濃度と、前記アルミニウム・メタライゼーションのエッチング中の相対的に高

い第 2 の濃度と、前記底面上の前記バリア層のエッチング中の、前記相対的に高い第 2 の濃度に比べて相対的に低い第 3 の濃度との間で調節するステップをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 9】前記相対的に低い第 1 の濃度と前記相対的に低い第 3 の濃度がほぼ同じであることを特徴とする、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】前記アルミニウム・メタライゼーションの上に配置され、50～350 ワットの電力を供給される前記第 1 の電極を選択するステップ、および前記アルミニウム・メタライゼーションの下に配置され、50～350 ワットの電力を供給される前記第 2 の電極を選択するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】前記生成ステップ中および前記エッチング・ステップ中に前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の電力を調節するステップをさらに含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】前記不活性ガスとして N_2 を選択するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】前記 Cl_2 、前記 HCl 、前記 N_2 の比率を $\text{Cl}_2 : \text{HCl} : \text{N}_2$ が 25～150 : 10～100 : 0～30 となるように制御するステップをさらに含む、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】前記 Cl_2 、前記 HCl 、前記 N_2 の比率が、 $\text{Cl}_2 : \text{HCl} : \text{N}_2$ について 50～100 : 10～35 : 10～20 であることを特徴とする、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】前記生成ステップ中に前記エッチング・チャンバに水素を加えるステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】前記生成ステップおよび前記エッチング・ステップが、前記エッチング・チャンバ内で磁界を使用せずに実施されることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】前記エッチング・ステップ中に前記アルミニウム・メタライゼーション内に形成されたトレンチ上に、前記エッチング・ステップ中に生成されたエッチング副成物から形成される側壁層を形成するステップと、前記側壁層の厚さを厚さ 10 Å～100 Å になるように制御するステップとをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、半導体デバイスおよび回路の製造に関し、さらに詳細には、反応性イオン・エッチング (RIE) においてサブミクロン金属エッチング用に塩素 (Cl_2) ガスおよび塩化水素 (HCl) ガスを使用する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のRIE法では、相対的に高い電源電力（500ワット以上）を用いて塩化ホウ素（BCl₃）およびCl₂という化学物質を利用する。BCl₃を使用する歴史上の理由は、このガスがエッチング剤の役割を果たす他に、反応器内で酸素（O₂）除去剤の役割をも果たすことである。O₂（または水分）の存在下では、BCl₃はB₂O₃とCl₂に解離する。BCl₃の欠点は、B₂O₃が反応器内で微粒子の発生源になることである。

【0003】15ミリトル（mT）未満で動作する現代の高イオン密度反応器では、O₂または水分の除去剤は不要であり、したがってBCl₃のこの性質は利用できない。また、この手法を使用する高電力プロセスにはいくつかの問題がある。その問題の1つは、レジスト腐食の速度が速いこと、およびかなりの量の基板誘電体、一般に二酸化ケイ素（SiO₂）が失われることである。さらに、このタイプのプロセスでは、腐食が起こりやすく、また望ましくないAlCu（アルミニウム中0.5%の銅）の横方向損失として特徴付けられるいわゆる「マウス・バイト（mouse bites）」（腐食の一形態）が生じやすい。図1は、「マウス・バイト」の走査電子顕微鏡写真（SEM）であり、図2は、腐食の一例を示すSEMである。腐食は、H₂Oの存在下でCl₂がエッチングされた金属線の側壁（SW）を冒すために起こる。「マウス・バイト」は、SWパッシベーションがないために起こる腐食の一形態である。

【0004】従来の金属エッチングでは、イオン密度が側壁形状を制御するものと見なされ、高い電源電力（500ワット程度それ以上）が高いイオン密度を達成する一般的な方法である。シャオピン他の米国特許第5387556号には、HCl、Cl含有エッチング剤および窒素（N₂）を使用してアルミニウムおよびアルミニウム合金をエッチングする従来の容量結合プラズマ技術を使用した方法が開示されている。容量結合プラズマ内では、電力がチャンバの上部または底部に供給され、プラズマはコンデンサの働きをする。電力が高くなり、チャンバ内の圧力が高くなるにつれて、イオン密度が高くなる。残念ながら、電力および圧力が高くなると、側壁の腐食が激しくなり、また電荷損傷および腐食を受けやすくなる。さらに、シャオピン他の前記特許では、エッチング中に磁界を使用するが、これは、ウエハ上の半導体デバイスが電荷損傷を受ける可能性があるために好ましくない。また、ハーヴィルチャック他の米国特許第3994793号には、ハロゲン含有エッチング剤、特に塩素、臭素、塩酸、および四塩化炭素を使用したアルミニウムのRIEが開示されている。また、ハーヴィルチャック他の前記特許では、容量結合プラズマの使用も教示されており、エッチングすべき層を塩素イオンまたは臭素イオンで「スパッタリング」または「打ち込む」。カワイの米国特許第5223085号では、ハロゲン化

水素から生成されたプラズマを使用した層の異方性エッチングが論じられている。カワイ他の前記特許では、高い電力入力を使用して、共鳴整合方式によってエネルギーをプラズマ中の電子に移す電子サイクロトロン共鳴（ECR）発生源からプラズマを生成する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の目的は、サブミクロン・アルミニウムおよびアルミニウム合金エッチングにおいてより垂直な側壁形状を形成し、かつ腐食を減らす、Cl₂ガスおよびHClガスを使用した低電力低圧力RIE方法を提供することである。

【0006】本発明の他の目的は、磁界を使用せず、したがってウエハまたは他の基板上のデバイスの電荷損傷が回避されるエッチング方法を提供することである。

【0007】本発明の他の目的は、チタン・ベースの保護層または「バリア（barrier）」層の物理的スパッタリング、および多層メタライゼーション用のバルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金層の化学エッチングを使用する3段階プロセスを提供することである。

【0008】本発明の他の目的は、エッチング・プロセス中に等方性エッチングを防ぎ、かつそれ自体が後で腐食の発生源の働きをしないように側壁剥離によって容易に除去される、非常に薄い側壁「パッシベーション」層または「ポリマー」層または「付着」層を形成することができる、RIE方法における反応性ガスの比率を制御する制御方式を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、低い電力（350W未満）および低い圧力（15ミリトル（mT）未満）を使用して、アルミニウムおよびアルミニウム合金をRIEによって異方性エッチングし、それにより側壁の侵食および高電力RIEに伴う他の問題を回避する。また、低電力プロセスを使用すると、RIE中にアルミニウムまたはアルミニウム合金をパターン化するのに使用される上を覆うパターン付きフォトレジストの紫外線（UV）硬化が少なくなり、したがってフォトレジストがレジスト剥離中により容易に除去できるようになる。一般に、集積回路内で使用されるアルミニウム・メタライゼーションは、バルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金層を挟む上部バリア層および底部バリア層を有する。上部層および底部層は一般に、チタンまたはチタン合金、他の金属、金属合金または金属窒化物を含んでいる。本発明によればこれら3層メタライゼーションを3段階プロセスを使用してパターン化する。ただし、上部層および底部層内ではスパッタリングと呼ばれる物理タイプのエッチングが達成され、バルク・アルミニウム層内では化学エッチングが達成されるように反応物の比率を調整する。スパッタリングでは、上部バリア

層の突破 (break through)、および底部バリア層をエッチングした後のアンダーカットの減少が達成される。この３段階プロセスは、バリア層のエッチング中は塩素含有量を減らし、バルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金の化学エッチング中は塩素含有量を増やすことによって簡単に達成される。本発明はまた、プラズマ・チャンバから気体副成物として除去されない炭素、チタン化合物、酸素化合物などのエッチング生成物が、エッチング中に金属中に形成されるトレンチ上に非常に薄い側壁付着層を生成する、アルミニウム・メタライゼーションの R I E 用の反応性ガスの最適比率を提供する。反応性ガスとしては、塩素、H C l、および不活性ガス (例えば、窒素、アルゴン、ヘリウムなど) がある。この側壁付着は、厚さ 10~100 Å 程度であり、R I E 中のアルミニウムまたはアルミニウム合金の等方性エッチングを防ぎまたは削減し、それによって明確な側壁形状を提供することができる。薄い側壁付着物は、従来の側壁剥離操作 (例えば、C F₄、酸素、H₂O ガス (蒸気)) によって容易に除去される。S W 付着物が厚すぎると、厚い S W ポリマーが金属線を冒す C l₂ をより多く捕獲するために図 2 に示すような腐食が起こるので、S W 付着物の厚さが薄いことが本発明の重要な特徴である。また、S W パッシベーションが厚いと、絶縁された線および重なり合った線についてチップ線幅のばらつき (A C L V) が生じる。側壁付着層の厚さを調整すると、A C L V は小さくなる。このプロセスでは、腐食が起こらず、また「マウス・バイト」のないエッチング形状が形成される。腐食はデバイスの歩留まりおよび信頼性の低下をもたらすので、このプロセスは

パラメータ	値
圧力 (m T)	6~12
上部電力 (ワット (W))	50~350
底部電力 (W)	50~350
C l ₂ (標準立方センチメートル (s c c m))	25~150
H C l (s c c m)	10~100
N ₂ (s c c m)	0~30
電極温度 (°C)	20~70
H e 裏面圧力 (T)	4~10

【0012】表 1 は、6~12 のエッチング・チャンバの最適圧力を示すが、この方法による R I E は、15 m T 未満の任意の圧力で行えることを理解されたい。パラメータ「上部電力」は、エッチングすべき基板の上に配置された上部電極に加えられる電力であり、パラメータ「底部電力」は、エッチングすべき基板の下に配置された下部電極に加えられる電力である。上部電力および底部電力の値によって、プラズマ中のイオン密度および基板上のイオン衝撃エネルギーが調節される。底部電力は、エッチング中に時々上部電力を超えることがあり、またこのエッチング手順の目的は、プラズマ内の電子の滞留時間を延長することによってプラズマ中のイオン

歩留まりおよび信頼性の向上をもたらす。

【0010】

【発明の実施の形態】変圧器結合プラズマ (T C P) を使用する場合、塩素および塩化水素を用いてアルミニウムおよびアルミニウム合金をエッチングするのに高電力は不要であることが分かっている。「誘導結合プラズマ」と呼ばれることの多い T C P では、イオン化の効率が良い。T C P では、異なる電源を使用して、エッチング・チャンバ内の上部電極と底部電極の両方に電力を加え、プラズマ中の電子の滞留時間が一般に長くなり、その結果衝突の回数が増え、イオン発生量が多くなり、したがってイオン密度が高くなる。T C P において使用される電極は様々であり、コイルなどが含まれる。T C P は当技術分野において周知であり、L A M 9600 など、T C P を使用する装置が市販されている。しかしながら、T C P を実施する装置のベンダは、容量結合プラズマでの過去の経験から、またアルミニウムとアルミニウム合金以外の基板 (例えば、ポリイミドとその他の誘電体など) をエッチングするのに必要な要件のために、高電力エッチング (500 W 以上) を推奨している。したがって、本発明では、特に、低電力 (350 W 未満) および低圧力 (15 ミリトル (m T) 未満) を使用してアルミニウムおよびアルミニウム合金を R I E によってエッチングできることを企図している。

【0011】この方法は、L a m R e s e a r c h 社から市販されている L A M 9600 装置で実施され、使用した代表的なガス流量および低電力を表 1 に示す。

【表 1】

密度を高めることであることを理解されたい。塩素イオンの滞留時間が長くなると、衝突の回数が増え、イオン発生量が多くなり、イオン密度が高くなる。上部電力および底部電力のばらつきを利用して、エッチングすべきメタライゼーションの側壁形状の角度を変えることができる。しかしながら、好ましい実施形態では、エッチングすべきメタライゼーション層中に垂直側壁を有する金属線が形成されるように、上部電力および底部電力を R I E 中に調整する。

【0013】表 1 に電極温度およびエッチングすべき基板の裏面に加わる裏面圧力の値を示すが、これらの値は、用途に応じて提案の範囲外で変えることができ、ま

た本発明を実施するために必ずしも必要ではないことを理解されたい。この電極温度および裏面圧力は、単に本発明のRIEが低温および低圧力で実施できることを実証するために示したものにすぎない。したがって、このプロセスは経済的でもある。

【0014】表1には、本発明のRIEエッチング・プロセスの異方性を助長する Cl_2 、 HCl 、および N_2 反応物の値を示す。表1では、不活性ガスとして窒素が使用されているが、アルゴンやヘリウムなど他の不活性ガスも使用できることを理解されたい。ただし、窒素には最終製品中のマウス・バイトを除去する利点があることがこの結果から分かる。反応性ガスおよび不活性ガスの範囲は、反応チャンバからポンプで排出されないエッチング中に形成される非気体副成物が、トレンチがメタライゼーション中に形成されているときにそれらの側壁上に堆積し、薄い保護層を形成するように選択してある。

【0015】図4、図5および図6を参照すると、アルミニウムまたはアルミニウム合金のメタライゼーションは一般に、底部バリア層10、バルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金12、および上部バリア層14から構成されることが分かる。底部バリア層10および上部バリア層14は、一般に厚さ5~150nm程度であり、バルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金12は、一般に厚さ100~1500nm程度である。好ましいアルミニウム合金としては、濃度0~5重量%のCuまたはSiあるいはその両方を有するものがある。パターン付きフォトリソ16または他のパターン付きマスキング材料は、領域18を露出したまま残す。バリア層は、一般にチタンまたはチタン合金から作成されるが、タンタル(Ta)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、クロム(Cr)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)、ジルコニウム(Zr)、レニウム(Ru)、ハフニウム(Hf)、および金属窒化物(MeN)または金属シリコン窒化物(Me-Si-N)など、他の金属または金属合金(Me)から作成することもできる。フォトリソ16は、各種の材料のどれでもよいが、AlCu金属用のエッチング剤のフォトリソに対する選択性が5以上であるので、本発明を実施する際には、従来のリソグラフィを使用してパターン化される深紫外(DUV)タイプのフォトリソまたは中紫外タイプのフォトリソが好ましいことが分かっている。適切なフォトリソは、Hoechst、Shipley、IBM、JSR、TOKから市販されており、AZ、Apex、JSR、およびTOKなどがある。

【0016】メタライゼーションをエッチングする際に、塩化アルミニウムなどいくつかの副成物が反応チャンバからポンプで排出される。しかし、炭素または酸素またはチタンまたは他の材料を含む非気体副成物が、トレンチの側壁上に薄い付着膜または層20を形成する。

この付着層20は、トレンチの形成時に領域18内に形成される。これらの副成物は、フォトリソとエッチング剤の反応、ならびにバリア層14から形成されたエッチング副成物から生じる。図5および図6は、メタライゼーション層レイアップ全体(10、12および14)でエッチングが進行する際の付着層20を示す。

【0017】本発明の特定の利点は、エッチング中に磁界を必要としないまたは使用しないことである。磁界を使用しないので、ウエハまたは他の基板上のデバイスの電荷損傷の危険が回避される。

【0018】本発明の特定の態様は、厚さ10~100Å程度の非常に薄い側壁付着層20の形成を対象とする。薄い側壁付着層20は、バルク材料12またはバリア層10および14よりも反応性イオンに対する抵抗力が大きいので、領域18におけるエッチングの等方性を高くする利点がある。ただし、厚い側壁ほど腐食を引き起こす塩素をより多く捕獲し、また側壁が厚いほどACLVが増加するので、付着層20が厚すぎると、領域18内に形成されたトレンチの側壁が腐食しやすくなる。

【0019】表1に示した不活性ガス、塩素および HCl の比率は、表1に示した低圧力条件下で厚さ10~100Åの付着層20が形成されるように実験テストによって選択してある。本発明の一樣態を実施する場合、ガスの比率が、 Cl_2 ： HCl ：不活性ガスについて25~150：10~100：0~30であることが好ましく、ガスの比率が Cl_2 ： HCl ：不活性ガスについて50~100：10~35：10~20であることがより好ましい。

【0020】また、本発明では、エッチング・チャンバまたはエッチング・チャンバから通ずる導管に接続された分光測光法または他の検出技術を使用して、反応性副成物をエッチング中に同時に分析することもでき、また検出された反応性副成物をフィードバック制御ループ内で使用して、付着層20が厚すぎたりまた薄すぎたりしないように(例えば、厚さ10~100Å程度が好ましい) Cl_2 ： HCl ：不活性ガスの比率を調整することも企図されている。

【0021】また、水素(H_2)を好ましくは0~100sccmの量だけプラズマに加えることができ、腐食を減らすのに有用である。水素は、自由塩素と反応して、相対的に安定な HCl 生成物を形成することによって腐食を軽減させる。さらにまた、 H_2 は、側壁上への SiO_2 およびSiの付着を可能にするので、より頑丈な側壁が得られる。

【0022】メタライゼーションをエッチングした後、水蒸気処理(H_2O ガス)、酸素プラズマ、 CF_4 処理など標準の側壁剥離手順を使用して、付着層20を除去する。図7および図8にそれぞれ、本発明のエッチング・プロセスを使用してエッチングした後の金属線の腐食およびマウス・バイトのない側壁およびAlCu線の側壁

形状を示す。エッチング・プロセスでは、チップ線幅のばらつき（ACLV）をもたらずマウス・バイトまたは腐食の少ない垂直な側壁を有するサブミクロン線を生じることが分かる。

【0023】図3ないし図6に、層10、12、14から構成されるメタライゼーションを基本的に3段階でエッチングする本発明の他の様態を強調して示す。具体的には、イオン衝撃を用いた「物理的」スパッタリング・タイプのエッチング・プロセスを多く使用して、上部バリア層14をエッチングする。これは、プラズマ中のC12を減らして、バリア層14中のチタンまたは窒化チタンあるいはその両方が（Ti/TiN）が塩素イオンおよびHClイオンのスパッタリング作用によって大部分除去されるようにすることによって達成される。例えば、C12は0～120 sccmに減らすことができる。スパッタリングは、バリア層14の厚さに応じて短時間（例えば、5～25秒）の間に進行するが、バリア層14を突破するのに十分長い時間持続すべきであり、同時にレジスト16の腐食を最小限に抑えなければならない。次いで、すべての反応性ガス（例えば、25～150 sccmのC12）を用いて、アルミニウムまたはアルミニウム合金12を選択的にエッチングする。これは、アルミニウムを塩化アルミニウムおよび他の副成物として除去する、化学エッチングにより類似している。バルク・アルミニウムおよびアルミニウム合金12をエッチングするのに使用するC12の量は、バリア層14のエッチング中に使用する量よりも多くすることが好ましい。選択的エッチングは、フォトレジスト16よりもアルミニウムまたはアルミニウム合金12に対してプラズマの選択性が大きいために達成される。アルミニウムまたはアルミニウム合金12をエッチングした後、好ましくはアルミニウムまたはアルミニウム合金層のエッチング中に使用する流量よりも少ない流量（例えば、0～120 sccm）のC12を使用して、物理タイプのスパッタリング反応または「イオン衝撃」をより多く行って、一般にTi/TiNを含む底部バリア層10をエッチングする。この最後のエッチングのステップは、側壁形状に影響を及ぼさず、また少量のC12を使用するため、エッチング後のアンダーカットが最小限に抑えられる。

【0024】塩化アルミニウムおよび他の副成物を検出する検出器を使用して、エッチング中のC12の流量の増減を制御することができる。あるいは、C12の流量の多い期間およびC12の流量の少ない期間を実験的に決定することができ、それらの量は各層の厚さ、ならびにRIEチャンバ内で使用される圧力条件に応じて変化する。異なるメタラジに対して、何らかのプロセス最適化が必要である。図3に、フィルタ付きダイオードであるLAM TCPチャンバからの標準の光学装置からの代表的な終点トレースを示す。図3において、チャンネル

Aは、バリア層10および14のエッチング中の信号強度が大きいことを示し、チャンネルBは、アルミニウムまたはアルミニウム合金12のエッチング中の信号強度が大きいことを示す。チャンネルAおよびBを使用して、異なる波長を有する反応副成物の放出を検出する（Aフィルタ＝703 nmはClおよびTiの励起状態を示し、Bフィルタ＝261 nmは、塩化アルミニウムの励起状態を示す）。

【0025】図9は、本発明のC12/HClプロセスを使用してウエハ上にアルミニウム線をエッチングした複数の試験、および従来のC12/BC13プロセスを使用してウエハ上にアルミニウム線をエッチングした複数の試験についての金属「短絡」の歩留まりを示す。このデータは、本発明の方法を使用した場合に改善された結果が得られることを示す。

【0026】図10および図11はそれぞれ、本発明のHCl/C12プロセスおよびC12/BC13プロセスを使用してエッチングしたアルミニウム線について、オーム単位で表したシート抵抗または「電気的バイアス」を、マイクロメートル単位で表した線幅に対してプロットしたグラフを示す。これらの図は、HCl/C12プロセスを使用した場合、相対的に密な分布が達成されることを示す。

【0027】以上、本発明をその好ましい実施形態に関して説明したが、本発明は、頭記の請求の範囲の精神および範囲内で修正を加えて実施できることを当業者なら理解できよう。

【0028】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0029】（1）アルミニウム・メタライゼーションをエッチング・チャンバ内で布設するステップと、前記アルミニウム・メタライゼーションの上下に配置され、別々に電力供給される電極を使用して、前記エッチング・チャンバ内でC12、HCl、および不活性ガスからプラズマを生成するステップと、前記アルミニウム・メタライゼーションを前記プラズマ中で形成されたイオンおよびラジカルでエッチングするステップとを含み、前記各電極に供給される電力が350ワット未満であり、かつ前記エッチング・チャンバ内の圧力が15ミリトル未満である、アルミニウム・メタライゼーションをパターン化する方法。

（2）前記アルミニウム・メタライゼーションの上面にパターン化材料を塗布するステップと、前記アルミニウム・メタライゼーションの領域が露出するように前記パターン化材料をパターン化するステップとをさらに含む、上記（1）に記載の方法。

（3）前記パターン化材料がフォトレジストであり、かつ前記パターン化ステップがリソグラフィを使用して実施されることを特徴とする、上記（2）に記載の方法。

（4）前記アルミニウム・メタライゼーションをアルミ

ニウムおよびアルミニウム合金からなるグループから選択するステップをさらに含む、上記(1)に記載の方法。

(5) 前記選択ステップが、少なくとも1つの表面をバリア層で被覆したアルミニウム・メタライゼーションを使用するステップをさらに含む、上記(4)に記載の方法。

(6) 前記バリア層を金属、金属窒化物、および金属シリコン窒化物からなるグループから選択するステップをさらに含む、金属をTa、Ti、Re、W、Mo、Cr、Nb、Hf、V、およびZrからなるグループから選択することを特徴とする、上記(5)に記載の方法。

(7) 前記生成ステップ中および前記エッチング・ステップ中に前記プラズマ中の前記Cl₂の濃度を、前記アルミニウム・メタライゼーションのエッチング中の相対的に高い第1の濃度と、前記バリア層のエッチング中の相対的に低い第2の濃度との間で調節するステップをさらに含む、上記(5)に記載の方法。

(8) 前記選択ステップが、その上面および底面をバリア層で被覆したアルミニウム・メタライゼーションを使用するステップをさらに含む、前記生成ステップ中および前記エッチング・ステップ中に前記プラズマ中の前記Cl₂の濃度を、前記上面上の前記バリア層のエッチング中の相対的に低い第1の濃度と、前記アルミニウム・メタライゼーションのエッチング中の相対的に高い第2の濃度と、前記底面上の前記バリア層のエッチング中の、前記相対的に高い第2の濃度に比べて相対的に低い第3の濃度との間で調節するステップをさらに含む、上記(4)に記載の方法。

(9) 前記相対的に低い第1の濃度と前記相対的に低い第3の濃度がほぼ同じであることを特徴とする、上記(8)に記載の方法。

(10) 前記アルミニウム・メタライゼーションの上に配置され、50~350ワットの電力を供給される前記第1の電極を選択するステップ、および前記アルミニウム・メタライゼーションの下に配置され、50~350ワットの電力を供給される前記第2の電極を選択するステップをさらに含む、上記(1)に記載の方法。

(11) 前記生成ステップ中および前記エッチング・ステップ中に前記第1の電極および前記第2の電極の電力を調節するステップをさらに含む、上記(10)に記載の方法。

(12) 前記不活性ガスとしてN₂を選択するステップをさらに含む、上記(1)に記載の方法。

(13) 前記Cl₂、前記HCl、前記N₂の比率をCl₂:HCl:N₂が25~150:10~100:0~30となるように制御するステップをさらに含む、上記(12)に記載の方法。

(14) 前記Cl₂、前記HCl、前記N₂の比率が、Cl₂:HCl:N₂について50~100:10~35:

10~20であることを特徴とする、上記(13)に記載の方法。

(15) 前記生成ステップ中に前記エッチング・チャンバに水素を加えるステップをさらに含む、上記(1)に記載の方法。

(16) 前記生成ステップおよび前記エッチング・ステップが、前記エッチング・チャンバ内で磁界を使用せずに実施されることを特徴とする、上記(1)に記載の方法。

(17) 前記エッチング・ステップ中に前記アルミニウム・メタライゼーション内に形成されたトレンチ上に、前記エッチング・ステップ中に生成されたエッチング副成物から形成される側壁層を形成するステップと、前記側壁層の厚さを厚さ10Å~100Åになるように制御するステップとをさらに含む、上記(1)に記載の方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】BCI₃エッチングにおける「マウス・バイト」(腐食の一形態)の代表的な例を示す走査電子顕微鏡写真(SEM)である。

【図2】従来のプロセスにおいて生じる腐食の一例を示すSEMである。

【図3】本プロセスにおいて使用される3つのステップ、すなわち、上部バリア層を除去するための「突破」ステップ、バルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金(例えば、AlCu)をエッチングする「メイン・エッチング」ステップ、および底部バリア層を除去する「オーバエッチング」ステップの代表的な終点レースを示すグラフである。

【図4】本発明に従ってエッチングした3部メタライゼーション層の順次横断面図である。

【図5】本発明に従ってエッチングした3部メタライゼーション層の順次横断面図である。

【図6】本発明に従ってエッチングした3部メタライゼーション層の順次横断面図である。

【図7】本発明の方法によって形成した金属線の腐食およびマウス・バイトのない側壁を示すSEMである。

【図8】エッチング後のAlCu線の側壁形状を示すSEMである。

【図9】本発明の方法を使用して作成したウエハ上の線の、従来の方法を使用して得られるものに比べて電氣的短絡歩留まりの点で相対的に良好な結果を示すグラフである。

【図10】本発明の方法に従ってCl₂/HClを用いてエッチングしたウエハの、従来のCl₂/BCI₃プロセスに比べて密な分布を示す、シート抵抗(電氣的バイアス)として測定した臨界寸法(CD)を示す比較グラフである。

【図11】本発明の方法に従ってCl₂/HClを用いてエッチングしたウエハの、従来のCl₂/BCI₃プロ

セスに比べて密な分布を示す、シート抵抗（電氣的バイアス）として測定した臨界寸法（CD）を示す比較グラフである。

【符号の説明】

10 底部バリア層

12 バルク・アルミニウムまたはアルミニウム合金

14 上部バリア層

16 フォトレジスト

20 付着層

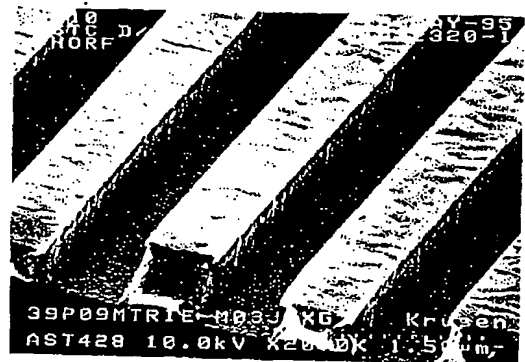
【図 1】



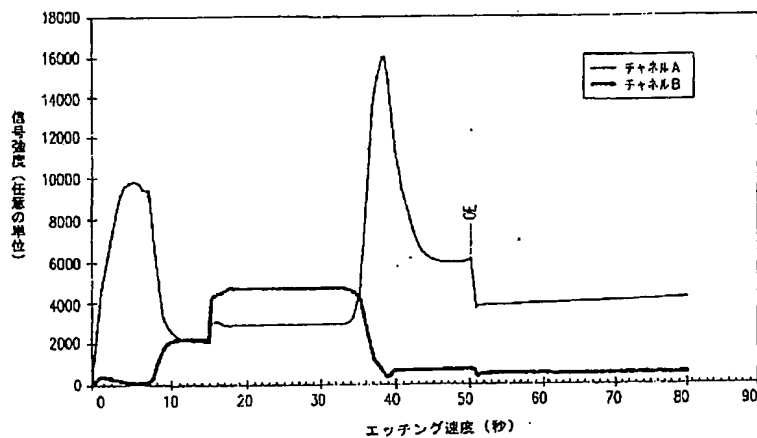
【図 2】



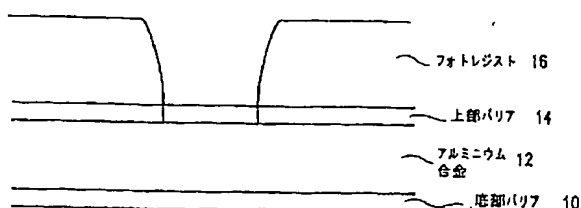
【図 7】



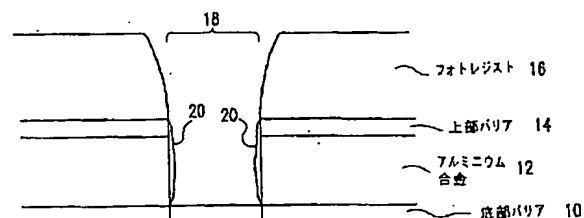
【図 3】



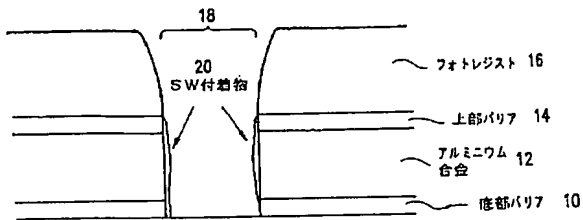
【図 4】



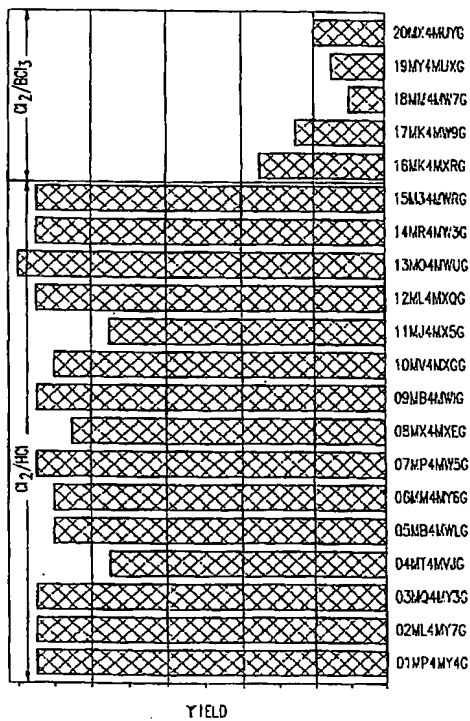
【図 5】



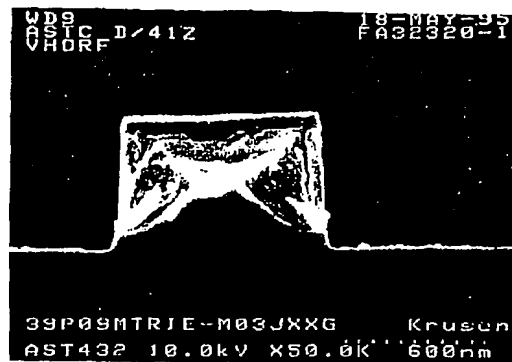
【図 6】



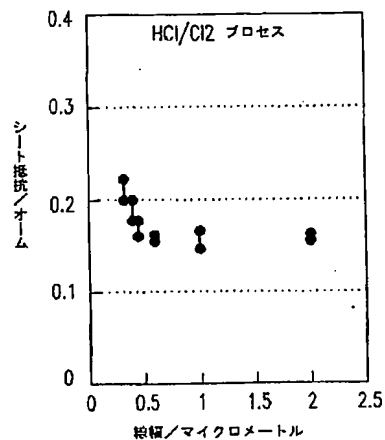
【図 9】



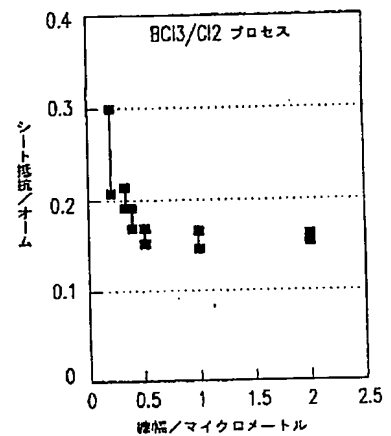
【図 8】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(71)出願人 593062337

シーメンス・アクチエンゲゼルシャフト
ドイツ国ミュンヘン80333、ヴィッテルス
バッハーブラッツ 2

(72)発明者

ムニール・ディー・ナーイム
アメリカ合衆国12603 ニューヨーク州ボ
ーキプシー ルビー・サイクル 4 クリ
スタル・グレン

(72)発明者

スチュアート・エム・バーンズ
アメリカ合衆国06877 コネチカット州リ
ッジフィールド ノース・サレム・ロー
ド 623ビー

(72)発明者

ローズマリー・クリスティー
アメリカ合衆国12550 ニューヨーク州ニ
ューバーグ コートランド・ドライブ 6
エフ

(72)発明者

ヴィリンダー・グリュウワ
アメリカ合衆国12524 ニューヨーク州フ
ィッシュキル ローレル・コート 9

(72)発明者

ウォルター・ダブリュー・ココン
アメリカ合衆国12590 ニューヨーク州ワ
ッピンガーズ・フォールズ バレー・ロー
ド 25

(72) 発明者 成田 雅貴
神奈川県横浜市磯子区汐見台 2-5-3
東芝アパート 2517、1722 号室

(72) 発明者 ブルーノ・シュプラー
ドイツ 81371 ミューニヒ ダイザーシ
ュトラーセ 24
(72) 発明者 シー＝ホア・ヤン
アメリカ合衆国 10598 ニューヨーク州ヨ
ークタウン ファーサンド・コート 2666